

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-38911

(P2001-38911A)

(43) 公開日 平成13年2月13日 (2001.2.13)

(51) Int.Cl.⁷

B 4 1 J 2/06

識別記号

F I

B 4 1 J 3/04

テーマコード(参考)

1 0 3 G 2 C 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-219972

(22) 出願日

平成11年8月3日 (1999.8.3)

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 奥儀 修

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72) 発明者 石川 満

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

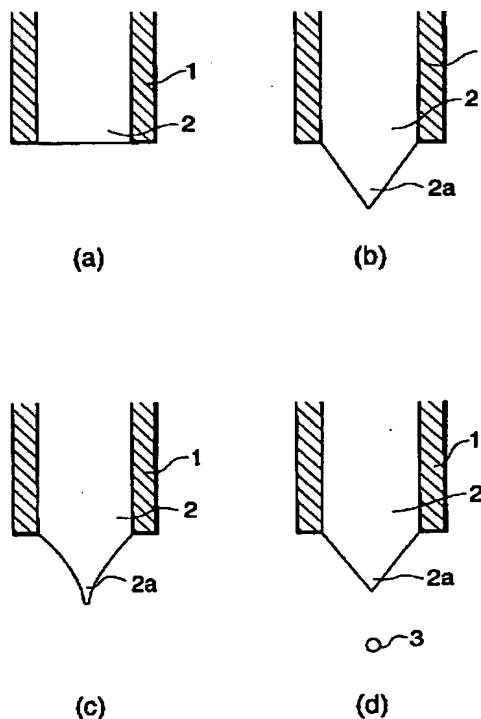
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微量液滴形成方法及び微量液滴形成装置

(57) 【要約】

【課題】 ノズル先端の径より小さい微量液滴を形成することができる微量液滴形成方法及び微量液滴形成装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 ノズル内の液体にパルス電圧を印加して液滴を形成する静電吸引液滴形成方法において、ノズル先端から所定の間隔を隔てて設けられた基板とノズル内の液体との間にパルス電圧を印加するパルス電圧印加段階と、パルス電圧印加段階によってノズル先端から引き出された液体に対し、液柱をノズル内に引き戻す方向の引き戻し力を作用させ、液体から液滴を分離する液滴分離段階とを有する微量液滴形成方法。また、上記微量液滴形成方法を実現する微量液滴形成装置は、ノズルの先端から液体が流出する方向とは反対の方向に液体を引き戻す力を発生させる引き戻し力発生手段を備える。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル内の液体にパルス電圧を印加して液滴を形成する静電吸引液滴形成方法において、前記ノズル先端から所定の間隔を隔てて設けられた基板と前記ノズル内の液体との間にパルス電圧を印加するパルス電圧印加段階と、

前記パルス電圧印加段階によって前記ノズル先端から引き出された液体に対し、前記液体を前記ノズル内に引き戻す方向の引き戻し力を作用させ、前記液体から液滴を分離する液滴分離段階と、

を有することを特徴とする微量液滴形成方法。

【請求項2】 前記液滴分離段階は、前記ノズル内に設けられた流体抵抗制御手段により、前記ノズル内の流体抵抗を増大させることを特徴とする請求項1記載の微量液滴形成方法。

【請求項3】 前記液滴分離段階は、前記ノズル内に設けられた体積変化可能な素子の体積を減少させることを特徴とする請求項1記載の微量液滴形成方法。

【請求項4】 前記液滴分離段階は、前記ノズルを前記基板と離隔する方向に移動することを特徴とする請求項1記載の微量液滴形成方法。

【請求項5】 前記引き戻し力を制御することにより、形成される液滴の寸法を制御することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の微量液滴形成方法。

【請求項6】 前記パルス電圧印加段階及び前記液滴分離段階は、飽和蒸気圧下で行われることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の微量液滴形成方法。

【請求項7】 前記パルス電圧印加段階及び前記液滴分離段階において用いられるノズルは、芯入りノズルであることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の微量液滴形成方法。

【請求項8】 液滴を形成する液体を蓄えるノズルと、前記ノズルの先端と対向して配置され、前記ノズル先端から滴下される液滴が載置される基板と、前記ノズル内の液体と前記基板との間にパルス電圧を印加するパルス電源と、

前記ノズルの先端から液体が流出する方向とは反対の方向に前記液体を引き戻す力を発生させる引き戻し力発生手段と、

前記パルス電源及び前記引き戻し力発生手段を制御する制御装置と、

を備えることを特徴とする微量液滴形成装置。

【請求項9】 前記引き戻し力発生手段は、前記ノズル内に設けられ、前記ノズル内の流体抵抗を増大させることができる流体抵抗制御装置であることを特徴とする請求項8記載の微量液滴形成装置。

【請求項10】 前記引き戻し力発生手段は、前記ノズル内に設けられ、体積を減少させることができる体積可変素子であることを特徴とする請求項8記載の微量液滴形成装置。

【請求項11】 前記引き戻し力発生手段は、前記ノズルの位置を変えることができる可変機構であることを特徴とする請求項8記載の微量液滴形成装置。

【請求項12】 液滴形成環境を飽和蒸気圧環境とする蒸気圧発生装置を更に備えることを特徴とする請求項8～11のいずれか一項に記載の微量液滴形成装置。

【請求項13】 前記ノズルは、ノズル内に芯を備える芯入りノズルであることを特徴とする請求項8～12記載の微量液滴形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、様々な溶液の微量液滴形成方法及び微量液滴形成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、液滴を形成する方法として静電吸引を利用する方法が知られている。この方法は、液滴を形成する液体を入れたノズルと、液滴滴下口であるノズル先端と対向して配置された基板との間にパルス電圧を印加し、電気力によって液体をノズル先端から基板側に吸引し、液滴を基板に滴下する方法である。この方法によれば、印加するパルス電圧の波高値を大きくすれば、形成される液滴の大きさは大きくなり、印加するパルス電圧の波高値を小さくすれば、形成される液滴の大きさは小さくなるので、波高値を制御することで形成される液滴の大きさを制御することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記静電吸引による液滴形成方法では、形成される液滴の大きさはノズル先端の径に依存しており、一定の大きさ以下の液滴は形成できない。すなわち、微量液滴を形成するために印加するパルス電圧の波高値を小さくしていくと、ある波高値から電気力がノズル先端に生じている表面張力に打ち勝つことができず、液滴は形成されなくなる。従って、微量液滴を形成する場合には、先端の径が小さいノズルを用いる必要があるが、径の小さいノズルは、液体中に含まれるダストなどにより頻繁に目詰まりが起こるという問題が生じる。

【0004】そこで、本発明は上記課題を解決した微量液滴形成方法及び微量液滴形成装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の微量液滴形成方法は、ノズル内の液体にパルス電圧を印加して液滴を形成する静電吸引液滴形成方法において、ノズル先端から所定の間隔を隔てて設けられた基板とノズル内の液体との間にパルス電圧を印加するパルス電圧印加段階と、パルス電圧印加段階によってノズル先端から引き出された液体に対し、液柱をノズル内に引き戻す方向の引き戻し力を作用させ、液体から液滴を分離する液滴分離段階とを有することを特徴とする。このように、ノズル先端か

ら引き出された液体(以下、この状態の液体を「液柱」という)を引き戻し力によってノズル内に引き戻すことにより、液柱から液滴が分離される。

【0006】上記微量液滴形成方法において、液滴分離段階は、ノズル内に設けられた流体抵抗制御手段により、ノズル内の流体抵抗を増大させることを特徴としても良い。このように流体抵抗を増大させることにより、電気力によってノズル内に生じた流速が遅くなり、ノズル先端部に負圧が生じ、この負圧が引き戻し力として液柱に作用する。

【0007】上記微量液滴形成方法において、ノズル内に設けられた体積変化可能な素子の体積を減少させることを特徴としても良い。このように、ノズル内に設けられた素子の体積を減少させることにより、ノズル内に負圧が生じ、この負圧が引き戻し力として液柱に作用する。

【0008】上記微量液滴形成方法において、液滴分離段階は、ノズルを基板と離隔する方向に移動することを特徴としても良い。このようにノズルと基板を離隔することにより、ノズル先端から液体を引き出す電気力を弱め、液柱に引き戻し力が作用する。

【0009】上記微量液滴形成方法は、引き戻し力を制御することにより、形成される液滴の寸法を制御することを特徴としても良い。引き戻し力を制御することにより、ノズルの径を変化させないで、形成される液滴の寸法を制御することができる。

【0010】上記微量液滴形成方法は、パルス電圧印加段階及び液滴分離段階は、飽和蒸気圧下で行われることを特徴としても良い。このように飽和蒸気圧下で液滴が形成されることにより、形成された液滴が蒸発しにくくなる。

【0011】上記微量液滴形成方法は、パルス電圧印加段階及び液滴分離段階において用いられるノズルは、芯入りノズルであることを特徴としても良い。このように芯入りノズルを用いることにより、表面張力の影響を減少させることができる。

【0012】また、本発明の微量液滴形成装置は、液滴を形成する液体を蓄えるノズルと、ノズルの先端と対向して配置され、ノズル先端から滴下される液滴が載置される基板と、ノズル内の液体と基板との間にパルス電圧を印加するパルス電源と、ノズルの先端から液体が流出する方向とは反対の方向に液体を引き戻す力を発生させる引き戻し力発生手段と、パルス電源及び引き戻し力発生手段を制御する制御装置とを備えることを特徴とする。このように、引き戻し力発生手段を備えることにより、ノズル先端に形成された液柱から液滴を分離することができる。

【0013】上記微量液滴形成装置において、引き戻し力発生手段は、ノズル内に設けられ、ノズル内の流体抵抗を増大させることができる流体抵抗制御装置であるこ

とを特徴としても良い。このように流体抵抗制御装置を設け、ノズル内の流体抵抗を増大させることにより、引き戻し力を生じさせることができる。

【0014】上記微量液滴形成装置において、引き戻し力発生手段は、ノズル内に設けられ、体積を減少させることができる体積可変素子であることを特徴としても良い。このようにノズル内に体積可変素子を設け、素子の体積を減少させることにより、引き戻し力を生じさせることができる。

【0015】上記微量液滴形成装置において、引き戻し力発生手段は、ノズルの位置を変えることができる可変機構であることを特徴としても良い。このようにノズルの位置可変機構を備え、ノズルの位置を基板と離隔する方向に移動することで、印加されているパルス電圧による電気力を弱め、引き戻し力として作用させることができる。

【0016】上記微量液滴形成装置において、液滴形成環境を飽和蒸気圧環境とする蒸気圧発生装置を更に備えることを特徴としても良い。このように蒸気圧発生装置を備え、液滴形成環境を飽和蒸気圧環境とすることで、形成された液滴が蒸発しにくくなる。

【0017】上記微量液滴形成装置において、ノズルは、ノズル内に芯を備える芯入りノズルであることを特徴としても良い。このようにノズルが芯入りノズルであることにより、表面張力の影響を減少させることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】実施形態について説明する前に本発明の原理について図1を用いて説明する。図1はノズル先端とノズル先端付近の液面の様子を示す図である。最初、ノズル1内の液体2は表面張力により、重力に抗してノズル1内に収められている(図1(a)参照)が、ノズル1内の液体2と図示しない基板との間にパルス電圧を印加すると、電気力によりノズル1先端から液体2が引き出され、液柱2aが形成される(図1(b)参照)。次に、液柱2aに引き戻し力(液柱2aをノズル1内に戻す力であり、図1における上方向)を作用させると、図1(c)に示すように、液柱2aは引き戻し力が作用しない場合と比較して細くなり、液柱2aの先端が電気力と引き戻し力により分離され、液滴3が形成される(図1(d)参照)。

【0019】このように、ノズル1先端から引き出された液体2を引き戻し力により分離することで、ノズル1先端の径より小さい液滴3を形成することができる。また、引き戻し力を与えるタイミングや大きさを変えることにより、形成される液滴3の大きさを制御できる。

【0020】次に、本発明の好適な実施形態を図を用いて説明する。各図において同一の要素には同一の符号を付し重複する説明は省略する。

【0021】図2は、第1実施形態の微量液滴形成装置

を示す図である。第1実施形態の微量液滴形成装置は、液滴3を形成する液体2が蓄えられるノズル1と、ノズル1先端部に対向して配置された基板5と、ノズル1内の液体2と基板5との間にパルス電圧を印加するパルス電源10と、流体抵抗を制御する流体抵抗制御装置6と、パルス電源10及び流体抵抗制御装置6を制御する制御装置11とから構成されている。流体抵抗制御装置6は、ノズル1内に配され流体抵抗を増減させるニッケル片7と、ニッケル片7を操作する磁石8及び磁石8を支持するXYZステージ9とから構成され、磁石8は制御装置11により制御されるXYZステージ9により移動可能となっている。ここで用いられるノズル1内部のニッケル片7は直径10 μ m、長さ500 μ mの断片であり、ノズル1先端付近に配されている。

【0022】ノズル1先端付近は内径10 μ mであり、芯4入りガラスを引き伸ばされて製造されている。芯4入りノズル1を用いるのは、液面をノズル1先端部に合わせるためである。図3は、ノズル1先端とノズル1先端付近の液面を正面及び下面から見た図である。芯4がないノズル1の場合には表面張力により、液面はノズル先端部より少しノズル1内に入った場所に位置する(図3(a)参照)が、芯4入りノズル1を用いることで、液面は毛管現象によりノズル1先端部に位置する(図3(b)参照)。必ずしも芯4入りノズル1を用いる必要はないが、後述の効果が得られるので芯4入りノズル1を用いるのが好適である。

【0023】次に、図2を参照して第1実施形態の微量液滴形成装置の動作について説明すると共に、微量液滴形成方法について説明する。

【0024】まず、パルス電源10によりノズル1内の液体2と基板5との間にパルス電圧を印加し、電気力によりノズル1先端から液体2を引き出す。このとき、芯4入りノズル1を用いているので、パルス電圧が印加される前の液面の状態が一定の位置(ノズル1先端)に合わされており、液面と基板5との間の距離Dは一定に保たれている(図3(b)参照)。これにより、一定のパルス電圧を印加した場合に液面と基板5の間に作用する電気力は一定であり、ノズル1先端から引き出される液体2の量を正確に制御することができ、ひいては液滴3の大きさも正確に制御できる。

【0025】ノズル1先端から液体2が引き出されて液柱2aが形成された後に、流体抵抗制御装置6でノズル1先端付近の流体抵抗を増大させ、液柱2aに引き戻し力を作させる。具体的には、ノズル1内に配されたニッケル片7を先細となっているノズル1先端側に移動させる。ここで、ニッケル片7の移動は制御装置11に制御されるXYZステージ9により、ノズル1の外側に設けられた磁石8を介して行われる。このようにニッケル片7をノズル1先端方向に移動することにより、ノズル1先端部付近の流路が狭くなりノズル1先端部付近の流

体抵抗が増大する。このため、ノズル1先端部に負圧が生じ、この負圧が液柱2aに引き戻し力として作用することとなる。

【0026】引き戻し力が作用すると、相互に反対方向に作用する電気力と引き戻し力の2つの力により、液柱2aの一部が分離されて液滴3が形成される。

【0027】第1実施形態の微量液滴形成装置は、引き戻し力発生手段として流体抵抗制御装置6を設けている。これにより、電気力によりノズル1先端から液体2を引き出した後に、流体抵抗の増大により生ずる引き戻し力で液滴3を液柱2aから分離して形成することができる。このように引き戻し力を作用させて液滴3を形成することで、微量液滴3の形成が可能となる。

【0028】また、第1実施形態の微量液滴形成装置は芯4入りノズル1を用いている。これにより、パルス電圧印加前において液面はノズル1先端に位置しているので、一定のパルス電圧により一定量の液柱2aが形成される。従って、引き戻し力を与えるタイミングやその大きさを制御装置12により制御することで形成される液滴3の大きさを正確に制御できる。

【0029】図4は、第1実施形態の微量液滴形成装置を用いて微量液滴3を形成した結果を示す図である。図4のグラフの横軸は、ノズル1先端部の流路面積とニッケル片7によって狭められた流路面積の割合を有効断面積比として示している。なお、有効断面積比100%の場合はニッケル片7が存在しない場合である。図4に示すように、有効断面積比が小さくなるに従って、流体抵抗は増大するので引き戻し力は大きくなる。また、図4のグラフの縦軸は、形成される液滴3の直径を示している。

【0030】図4から、引き戻し力が大きくなると形成される微量液滴3は小さくなり、電気力による吸引だけでは得られない微量の液滴3が得られることが理解され、また、その大きさは有効断面積比を変えることにより制御可能である。

【0031】以下、他の実施形態について説明するが、以下に示す各実施形態は第1実施形態の微量液滴形成装置における引き戻し力発生手段(ニッケル片7及びこれを制御する磁石8、XYZステージ9)を異なる構成に代えたものであり、引き戻し力発生手段以外の構成は第1実施形態と同様であるので説明を割愛する。また、その動作(液滴形成方法)も、ノズル1内の液体とノズル1先端に対向して設けられた基板5との間にパルス電圧を印加してノズル1先端から液体2を引き出すことや、引き戻し力発生手段により発生した引き戻し力により液柱2aから微量の液滴3が分離することは、第1実施形態と同様であるので説明を割愛する。

【0032】第2実施形態の微量液滴形成装置について説明する。第2実施形態の微量液滴形成装置の引き戻し力発生手段は、ノズル1先端付近に設けられた流路を取

り囲む形状の圧電素子21によって構成されている(図5参照)。

【0033】第2実施形態の微量液滴形成装置においては、液体2が引き出された後、圧電素子21に電流を流すことにより、圧電素子21を膨張させ流路を狭くする。これによりノズル1先端部付近の流体抵抗は増加し、ノズル1先端部付近に負圧が生じて液柱2aに引き戻し力が作用する。

【0034】次に、第3実施形態の微量液滴形成装置について説明する。第3実施形態の微量液滴形成装置の引き戻し力発生手段は、ノズル1内にノズル1の長手方向に沿って設けられたワイヤ23によって構成されている(図6参照)。

【0035】第3実施形態の微量液滴形成装置においては、液体2が引き出された後、先細となっているノズル1先端方向にワイヤ23を移動させ、流路を狭くする。ここで、ワイヤ23はノズル1先端部とは反対側からノズル1外部へ露出し、連結されている図示しない制御装置によって制御される。

【0036】これにより、ノズル1先端部付近の流路が狭くなって流体抵抗は増加し、ノズル1先端部付近に負圧が生じる。この負圧が液柱2aに引き戻し力として作用する。

【0037】次に、第4実施形態の微量液滴形成装置について説明する。第4実施形態の微量液滴形成装置の引き戻し力発生手段は、ノズル1先端とは反対端部に設けられた圧電素子25によって構成されている(図7参照)。

【0038】第4実施形態の微量液滴形成装置においては、圧電素子25を予め膨張させておき、液体2が引き出された後に圧電素子25を収縮させる。これにより、ノズル1内部に負圧が生じ、液柱2aに引き戻し力が作用する。

【0039】次に、第5実施形態の微量液滴形成装置について説明する。第5実施形態の引き戻し力発生手段は、ノズル1先端から液体2を引き出すための構成と同様であり、ノズル1先端とは反対端部に設けられた端部電極27とノズル1内の液体2との間に電圧を印加するための電源10(パルス電源10と兼用となっている)とから構成されている(図8参照)。液体2はノズル1先端の反対端部まで充填されてはならず、端部電極27と液体2との間は空間28が設けられている。

【0040】第5実施形態の微量液滴形成装置においては、液体2が引き出された後、端部電極27と液体2との間に電圧を印加してノズル1内の液体2を端部電極27の側に引張る。端部電極27はノズル1先端とは反対側に設けられているため、この引張り力は液柱2aの引き戻し力として作用する。

【0041】次に、第6実施形態の微量液滴形成装置について説明する。第6実施形態の引き戻し力発生手段

は、ノズル1外部に設けられたマイクロステージ(ノズル位置可変機構)31から構成される(図9参照)。

【0042】第6実施形態の微量液滴形成装置においては、液体2が引き出された後、マイクロステージ31によってノズル1位置を液柱2aと基板5とが離隔する方向に移動させる。ノズル1先端の液柱2aと基板5とが離隔されると、液柱2aと基板5との間に作用する電気力は減少する。これにより、液柱2aにノズル1内に引き戻される力が作用する。なお、ノズル位置可変機構はマイクロステージ31に限られず、移動方向と移動距離を制御できるものであれば良く、例えば圧電素子でも良い。

【0043】以上、本発明の実施形態について詳細に説明してきたが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

【0044】例えば、上記各実施形態の微量液滴形成装置は、蒸気圧発生装置をさらに備え、飽和蒸気圧下で液滴形成を行っても良い。このように、飽和蒸気圧下で液滴を形成することにより形成された液滴の蒸発を防止できる。

【0045】

【発明の効果】本発明によれば、電気力によりノズル内の液体をノズル先端から引き出した後、ノズル内部に引き戻す引き戻し力を作用させることによって、微量液滴を形成することができる。

【0046】また、ノズル内の液体と基板との間にパルス電圧を印加するパルス電源と、流体抵抗を制御する装置又はノズル内の圧力制御装置とを備えた微量液滴形成装置により、上記微量液滴形成方法を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ノズル先端とノズル先端付近の液面の様子を示す図である

【図2】第1実施形態の微量液滴形成装置を示す図である。

【図3】ノズル先端とノズル先端付近の液面を正面及び下面から見た図である。

【図4】第1実施形態の微量液滴形成装置を用いて液滴を形成した結果を示す図である。

【図5】第2実施形態の微量液滴形成装置の説明図である。

【図6】第3実施形態の微量液滴形成装置の説明図である。

【図7】第4実施形態の微量液滴形成装置の説明図である。

【図8】第5実施形態の微量液滴形成装置の説明図である。

【図9】第6実施形態の微量液滴形成装置の説明図である。

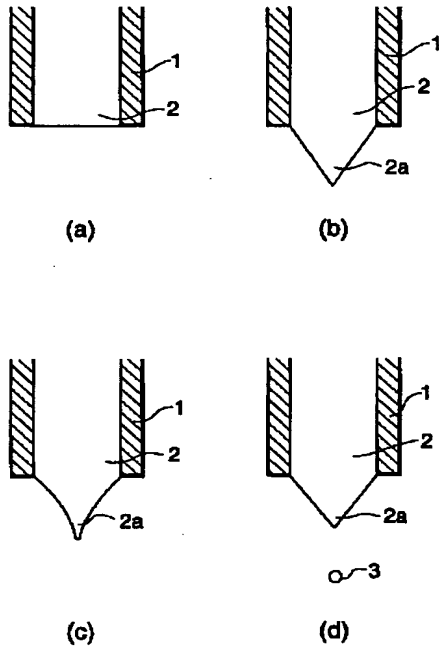
【符号の説明】

1・・・ノズル、2・・・液体、2a・・・液柱、3・

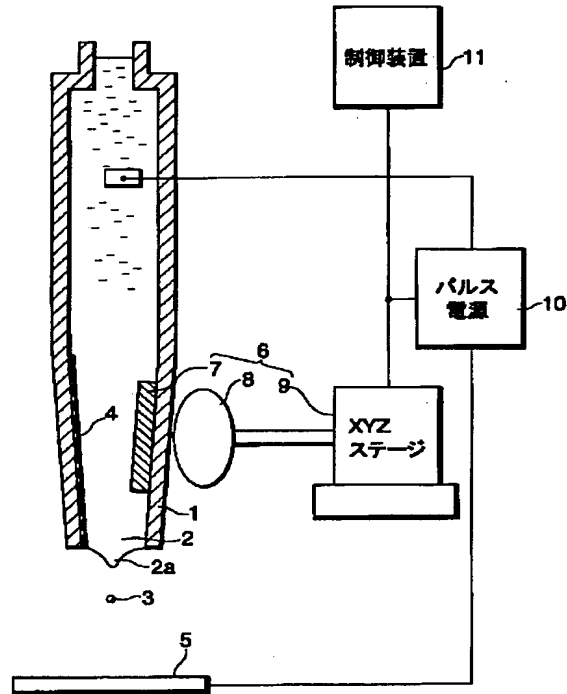
・液滴、4・・・芯、5・・・基板、6・・・流体抵抗制御装置、7・・・ニッケル片、8・・・磁石、9・・・XYZステージ、10・・・パルス電源、11・・・

制御装置、21・・・圧電素子、23・・・ワイヤ、25・・・圧電素子、27・・・端部電極、28・・・空間、31・・・マイクロステージ。

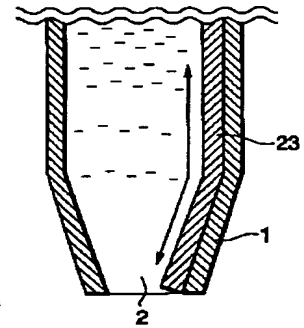
【図1】



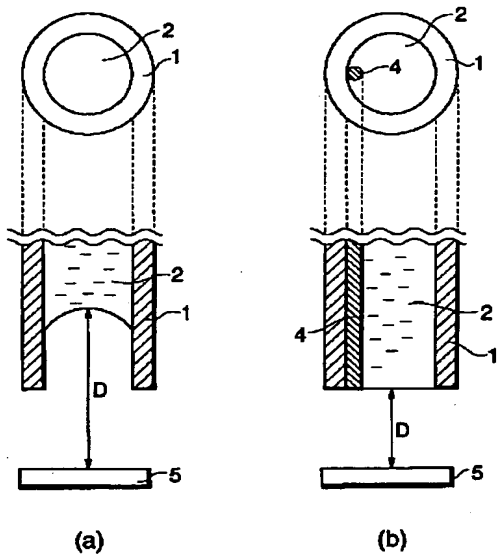
【図2】



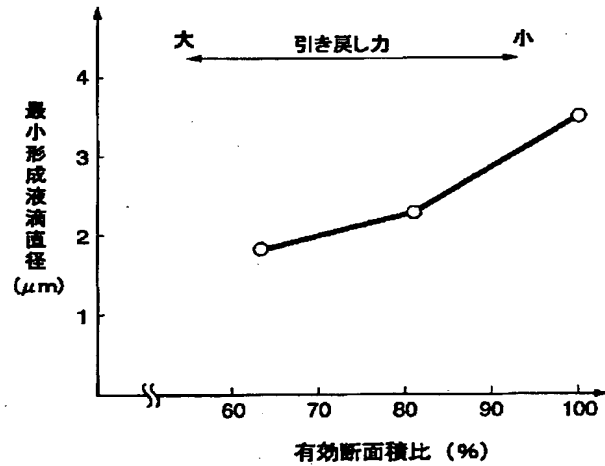
【図6】



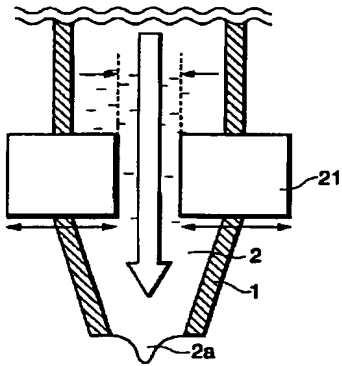
【図3】



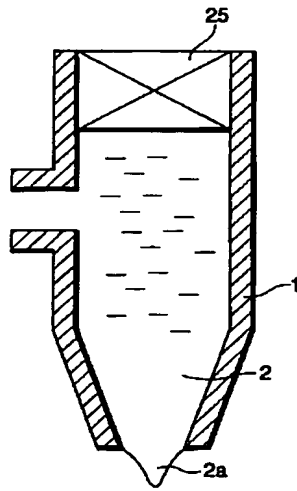
【図4】



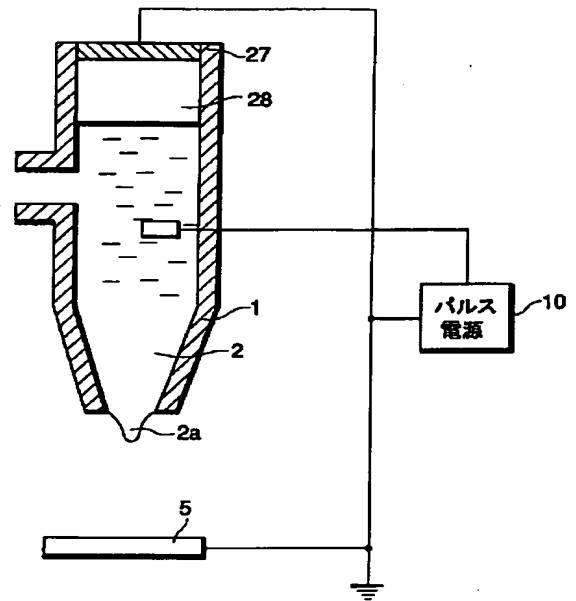
【図5】



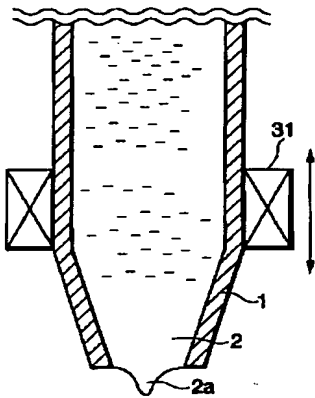
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 川上 友則
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

Fターム(参考) 2C057 AF99 AG17 AG30 BD05 BD11